

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Кафедра проектирования и эксплуатации газонефтепроводов

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.Н. Сокольников
« 15 » июня 2017 г.



БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

«Модернизация методов по обнаружению утечек и несанкционированных
врезок в магистральном трубопроводе»

Руководитель



А.Н. Сокольников

Выпускник



В.И. Пачковский

Красноярск 2017


Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме
«Модернизация методов по обнаружению утечек и несанкционированных
врезок в магистральном трубопроводе».

Консультанты по разделам:

Экономическая часть

6.06.17  И.В. Шадрина

Безопасность жизнедеятельности

26.06.17  Д.А. Едимичев

Нормоконтролер

15.06.17  О.Н. Петров

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа студента В.И. Пачковского на тему «Модернизация методов по обнаружению утечек и несанкционированных врезок в магистральном трубопроводе» состоит из 66 листов расчетно-пояснительной записки, 21 использованного источника, 5 листов графического материала, из них – 2 в виде чертежей и 3 – в виде плакатов.

МОДЕРНИЗАЦИЯ, МЕТОДЫ, ОБНАРУЖЕНИЕ, УТЕЧКИ, НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫЕ ВРЕЗКИ, МАГИСТРАЛЬНЫЙ ТРУБОПРОВОД.

Объект исследования – лабораторный стенд, технический эксперимент по обнаружению отводов.

Цель работы: Определить оптимальный метод выявления несанкционированных врезок в магистральный трубопровод.

В работе предлагается модернизация существующих методов обнаружения несанкционированных врезок в магистральном нефтепроводе, в ходе работы был спроектирован и лабораторный стенд, который создаст приближенные условия работы несанкционированной врезки. Так же были проведены полевые испытания по обнаружению отводов с помощью беспилотной техники, и геолокаторов. Сделаны необходимые расчеты, в том числе экономической эффективности. Данные исследования позволят студентам изучать физические процессы, которые возникают в результате несанкционированной врезки, что в дальнейшем поспособствует скорейшему поиску несанкционированных отводов.

В разделе «Безопасность и экологичность» произведен анализ опасных и вредных производственных факторов, представлены инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности проведения строительных и монтажных работ, указаны требования безопасности технологического процесса, пожарной и взрывопожарной безопасности.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Техничко-экономическое обоснование	8
2 Несанкционированная врезка	10
2.1 Конструкция несанкционированной врезки.....	11
3 Существующие методы контроля	12
3.1 Методы постоянного контроля.....	13
3.2 Методы периодического контроля.....	15
4 Метод беспилотной геолокации	21
5 Подробное изучение волнового метода контроля	23
6 Описание разрабатываемого лабораторного стенда	25
6.1 Техническое предложение	30
6.2 Характеристики основного оборудования и материалов	30
6.2.1 Насос.....	30
6.2.2 Трубопровод	32
6.2.3 Сосуд под давлением.....	32
6.2.4 Трубопроводная арматура.....	32
6.2.5 Контрольно-измерительные приборы.....	33
6.2.6 Бак для слива	33
6.3 Гидравлическая схема	33
6.4 Сварочно-монтажные работы	34
6.5 Определение минимальной толщины стенки сосуда	34
6.6 Определение максимального избыточного давления в сосуде	36
6.7 Определение минимальной толщины стенки выпуклого днища.....	37
6.8 Определение максимальное избыточное давление выпуклого днища	39
6.9 Испытание стенда	39
7 Экономическая часть	40
7.1 Расчет затрат на приобретение оборудования для разработки и монтажа	40

7.1.1 Расчет затрат на приобретение оборудования для разработки	40
7.1.2 Расчет затрат на монтаж оборудования	42
7.2 Расчет текущих затрат на проведение эксперимента	43
7.2.1 Определение численности лаборантов	43
7.2.2 Расчет фонда оплаты труда лаборанта	44
7.2.3 Расчёт страховых взносов	46
7.2.4 Расчёт накладных расходов	47
7.2.5 Расчет затрат на текущий ремонт	47
7.2.6 Определение затраченного времени на разработку аппаратно – программного комплекса	47
7.2.7 Определим затраты на электроэнергию при работе стенда	48
8 Безопасность жизнедеятельности	49
8.1 Недостатки аналогов по обеспечению безопасности труда	50
8.2 Проектные решения по обеспечению безопасности труда на проектируемом оборудовании	52
8.3 Санитарные требования к помещению и размещению используемого оборудования	53
8.4 Обеспечение безопасности технологического процесса	55
8.5 Шум	58
8.6 Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности	58
8.7 Обеспечение безопасности в аварийных и чрезвычайных ситуациях	60
Заключение	62
Список сокращений	63
Список использованных источников	64

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день с увеличением добычи нефти и газа развивается и трубопроводный транспорт, перекачивающий товарную нефть и нефтепродукты, а также природный газ. Трубопроводный транспорт является самым экономически выгодным транспортом для перекачки углеводородов. Но трубопроводный транспорт всегда сопровождается большими потерями продукта, например, потерями при транспортировке или потерями при испарении. Это, конечно, неизбежные потери, величина которых в настоящее время рассчитывается и учитывается. Однако существуют потери перекачиваемого продукта, которые нельзя рассчитать. Это потери, возникающие при аварийных ситуациях с выходом продукта в окружающую среду и при несанкционированных врезках при хищении перекачиваемых продуктов.

Несанкционированные врезки приносят огромные убытки компаниям, они связанные как с потерей продукта, так и с экологическими последствиями при некачественном их сооружении. Экономический ущерб от несанкционированных врезок исчисляется ценой за сотни тонн в сутки потерянного продукта. По причине огромной протяженности линейной части магистральных нефтепроводов, достигающей в длину нескольких тысяч километров, на трубопроводах может одновременно существовать десятки, а то и сотни несанкционированных врезок. Потому большинство нефтедобывающих компаний нуждаются не только в совершенном оборудовании, по обнаружению врезок, но и в грамотных специалистах, которые будут выполнять эту работу. При решении этой проблемы нам нужны как теоретические знания, так и практические. Для наглядной демонстрации принципов работы несанкционированных систем необходимо разработать лабораторный стенд, который создаст приближенные условия работы несанкционированной врезки.

Целью данной работы является модернизация методов по обнаружению несанкционированных врезок в магистральном нефтепроводе.

Для достижения поставленных целей необходимо выполнить следующие задачи:

- провести анализ экономического и экологического ущерба несанкционированных врезок
- определить технологию и конструкцию с помощью, которой происходит осуществления несанкционированной врезки;
- провести анализ существующих методов обнаружения незаконных врезок в магистральный трубопровод;
- предложить оптимальные методы обнаружения врезок;
- подобрать материал и оборудование для лабораторного стенда и произвести расчет;
- рассчитать экономические затраты;
- провести закупку и монтаж оборудования;
- обеспечить безопасность лабораторного стенда при работе.

1 Технико-экономическое обоснование

Разработка систем по обнаружению несанкционированных врезок в магистральном трубопроводе остается актуальной задачей. И это неслучайно, так как в самых различных отраслях промышленности в настоящее время используется огромное количество трубопроводов, как наземных, так и подземных, длина которых достигает нескольких тысяч километров, в ходе этого доступ к ним чаще всего затруднен. Как известно, при эксплуатации трубопровода в нем зарождаются различные дефекты: утонения стенки, трещины, сквозные дефекты. Так же, с каждым годом увеличивается количество случаев несанкционированного подключения к нефтепроводам, к тому же если раньше было проще отследить врезку по изменению давления или при патрулировании, то сегодня для осуществления незаконных врезок используют новейшие технологии, которые затрудняют обнаружение несанкционированного вмешательства. По оценкам экспертов, ежегодно в России похищают свыше 5 миллионов тонн нефти, а ущерб оценивается примерно в 800 миллионов долларов. И это только прямые потери, не считая восстановительных работ и экологического ущерба. По данным ПАО «Транснефть», всего в период с 2003 по 2012 г. в России было выявлено 4779 несанкционированных врезок в магистральные нефтепроводы. На рисунке 1 отображено количество врезок по регионам России с 2003 ... 2012 год [1].

Самыми неблагополучными регионами с точки зрения незаконных врезок в трубопроводы являются Самарская область, республика Дагестан, а также Иркутская и Ленинградская области, на которые приходится 50 % всех несанкционированных заборов нефти. Поэтому существует необходимость на стадии проектирования или реконструкции задуматься о безопасности трубопроводов [1].

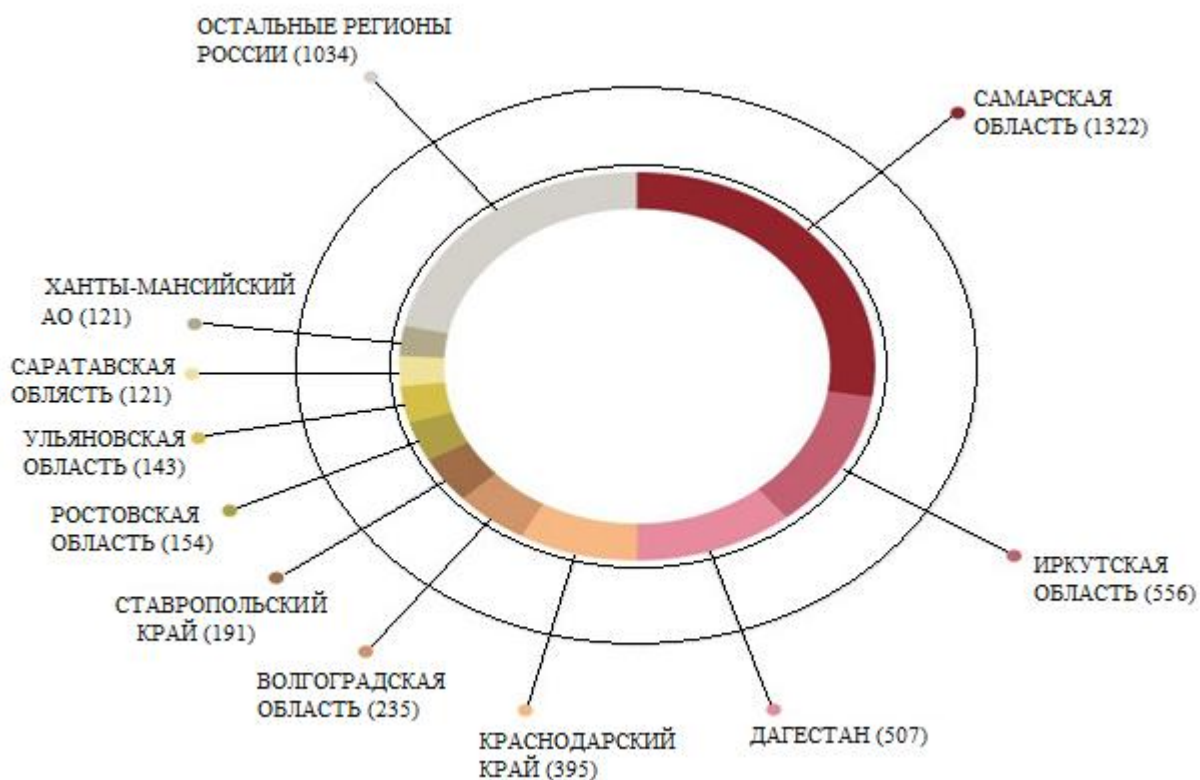


Рисунок 1 – Количество врезок по регионам России с 2003 ... 2012 год

Помимо того, что кража нефти является причиной того что компания не досчитывается десятков миллионов ежегодно, так еще выделяются огромные денежные средства на восстановительные работы после врезок, в основном это средства на предохранительные патрубки как показано на рисунке 2.

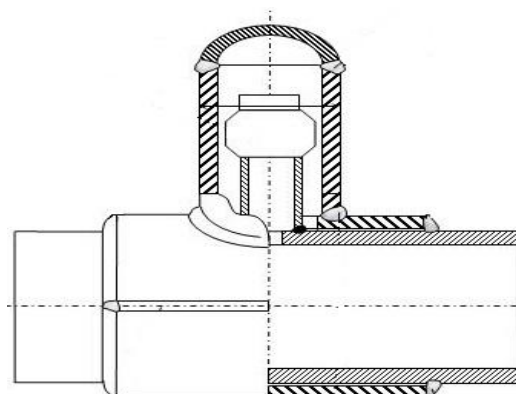


Рисунок 2 – Предохранительный патрубок П9

2 Несанкционированная врезка

Несанкционированная врезка (НВ) – врезка в нефтепровод, проводимая третьими лицами без согласования с эксплуатирующей организацией.

На текущий момент все несанкционированные врезки чаще всего подразделяют на две категории долгосрочные и краткосрочные [2, 13].

При реализации несанкционированной врезки в трубопровод, для долгосрочного хищения осуществляется ряд работ:

- выбирается удобное место на трассе трубопровода для врезки;
- построение трубопровода от места хищения до точки налива;
- вырывается небольшой котлован для работы в нем одного – двух человек;
- выполнение сварочных работ;
- врезание в трубопровод с помощью бура, сверла;
- засыпание котлована;
- рекультивация грунта на участке подключения;
- восстановление травяного покрытия.

При краткосрочном хищении продукта, технологическая операция аналогична, только трубопровод не прокладывается, так как похищенный продукт сливаться в тары и автоцистерну неподалеку от охранной зоны трубопровода, в конце после налива нефтепродукта задвижка закрывается [13].

Так же следует отличать врезку от аварии. Вследствие аварии происходит непрерывно экологическое изменение окружающей среды под действием нефтепродукта в месте поломки. При несанкционированной врезке нефтепродукт не контактирует с окружающей средой, нефтепровод прокладывается на несколько сотен метров от места подключения, и момент работы врезки происходит непосредственно во время откачки продукта (от 1 часа до 6), все остальное время врезка отключена, чтоб не быть обнаруженной, при этом место и отвод тщательно маскируют [13].

2.1 Конструкция несанкционированной врезки

Способ конструкции изготовления НВ в магистральный нефтепровод заключается: В верхнюю образующую НП приваривается патрубок средним диаметром 50 ... 65 мм, и длиной не более 150 мм, к которому через фланцевое соединение присоединена фланцевая задвижка или шаровый кран с похожим диаметром 50 ... 65 мм, после чего сверху задвижки устанавливается устройство для производства холодной врезки, рисунок 3 [8].



Рисунок 3 – Конструкция холодной врезки

После того, как просверлено отверстие, сверло аккуратно убирают, и присоединяют к фланцевому соединению отвод (рисунок 4), в основном отводы бывают трех типов: шланг высокого давления, пластиковые трубы, стальная труба. Самое интересное заключается в том что, отвод от нефтепровода чаще всего не закапывается на большую глубину, а пролегает непосредственно вблизи от поверхности земли [2, 7, 10].



Рисунок 4 – Отвод

3 Существующие методы контроля

В связи с вышесказанным возникает необходимость анализа существующих методов обнаружения утечек и несанкционированных врезок на линейной части систем трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов и предложение нового, более эффективного метода контроля. На текущий момент все методы обнаружения утечек и несанкционированных врезок чаще всего подразделяют на две категории [8, 10]:

- методы постоянного контроля;
- методы периодического контроля.

3.1 Методы постоянного контроля

1) Метод сравнения расходов. Метод основан на постоянстве мгновенного расхода нефтепродукта в начальном и в конечном сечении участка трубопровода при отсутствии утечки и установившемся режиме перекачки. На входе и выходе каждого участка трубопровода устанавливаются расходомеры турбинного или объемного типа, дистанционно связанные с ЭВМ, находящейся на центральном диспетчерском пункте. Информация от расходомеров поступает в ЭВМ, которая с учетом температурной поправки непрерывно производит сравнение расходов в начале и конце каждого участка трубопровода. В том случае, если разность расходов превышает допустимый предел, установленный программой, автоматически срабатывает аварийная сигнализация о появлении утечки.

Недостаток данного метода заключается в ложных срабатываниях системы, вызываемых нарушением стационарного характера транспортировки нефти. Несколько лучшие результаты при неустановившихся режимах эксплуатации получают при измерении скорости изменения расходов [7, 8].

2) Метод понижения давления с фиксированной или скользящей установкой. Состоит из двух подходов. А именно: первый сопоставление давления, рассчитанного по гидравлическому уклону нефтепровода при его заданной пропускной способности, с давлением, определяемым через определённые промежутки времени датчиками давления. Расчёт выполняется аналитически с использованием компьютера для каждой точки измерения с учётом изменения давления и расхода перекачки на насосной станции. Далее аналитические значения давления сравниваются с соответствующими значениями давления, которое было измерено датчиками [3]. Второе измерение и сравнение локальных понижений давления на трубопроводе. ЭВМ через определённые промежутки времени фиксирует все значения давлений в точках измерения на участке трубопровода, сравнивает их с ранее записанными. Если

градиент давления превысит предварительно установленное значение (при постоянном расходе), то срабатывает сигнал тревоги.

Недостаток данного метода заключается в большой величине погрешности, помимо этого, данный метод не сможет определить переменную работу врезки.

3) Метод акустической эмиссии, метод основан на регистрации высокочувствительными пьезоэлектрическими датчиками, расположенными на контролируемом участке трубопровода, сигналов акустической эмиссии (АЭ) о микротрещинах в стенке трубопровода и об утечках жидкости. Для обнаружения мест утечек разработано специальное оборудование для анализа затухания и времени прихода импульсов АЭ. С помощью специальной программы, установленной на компьютер, анализируются сигналы от пьезодатчиков и определяется разность времен прихода звуковых сигналов АЭ к преобразователям. Компьютер обрабатывает поступающую информацию и с учетом скорости распространения сигналов АЭ и расстояния между датчиками на трубопроводе аналитически определяет местонахождение дефекта

Недостатками данного метода являются затухание акустического звука в трубопроводе, нельзя использовать данный метод сразу, так как нужно отсортировать шумовой диапазон, так же нельзя определить уже действующие врезки [5, 10].

4) Метод сравнения изменения скорости расходов. Метод основан на мгновенном изменении скорости расходов в начале и конце участка трубопровода при появлении утечки. В начале и конце участка трубопровода устанавливаются измерительные диафрагмы (калиброванные сужения, позволяющие по разности давлений до и после сужения рассчитать скорость и расход жидкости), оборудованные устройствами дифференцирования. Электрические сигналы, пропорциональные скорости изменения расхода, по каналам телеметрии непрерывно поступают в диспетчерский пункт, где сравниваются с первоначальными значениями. Повреждение или разрыв нефтепровода вызывает резкое изменение расхода транспортируемой нефти.

Место утечки можно определить по разности времен появления всплесков на трендах расходов в контрольных сечениях [7, 10].

Недостаток данного метода заключается в том, что сравнение расходов фиксируется при постоянном режиме перекачки, в действительности режим перекачки постоянно меняется, что затрудняет обнаружить врезку [3].

3.2 Методы периодического контроля

1) Тепловой метод. Данный метод основан на изменении температуры на поверхности над трассой нефтепровода. Перепады температур колеблются от долей градуса до десятков градусов [7]. Для реализации данного метода применяются специальные приборы тепловизоры, которые используются на специальных передвижных лабораториях.

Недостаток данного метода заключается в малом охвате территории при измерении, так же недостаточная чувствительность не позволяет нам делать замеры под землёй.

2) Визуальный метод. Суть метода состоит в обнаружении мест утечек транспортируемой нефти или нефтепродуктов из подземного (подводного) трубопровода в процессе осмотра трассы трубопровода с помощью обходчиков, автотранспорта, речных катеров и авиации [8]. Недостаток данного метода заключается в том, что нельзя определить проблемы на ранних стадиях (малоэффективный метод).

3) Ультразвуковой метод. Принцип работы ультразвуковых приборов основан на регистрации акустического шума, возникающего при истечении жидкости через сквозное отверстие в стенке трубопровода, находящегося под давлением. Основным механизмом генерации сигналов АЭ являются турбулентные пульсации, в результате схлопывания газовых пузырьков, обусловленное сильным локальным понижением давления в жидкости в местах возникновения утечки – другими словами регистрируем образование кавитации методом акустической эмиссии (рисунок 5), [15].

Недостатки данного метода являются ограниченные функциональные возможности и низкая чувствительность.



Рисунок 5 – Прибор АЭТ-1МСС

4) Метод обработки кривой падения давления. На испытуемом участке нефтепровода поднимают давление до такого значения, чтобы весь нефтепровод оказался заполненным жидкостью и чтобы существовал запас давления над давлением насыщенных паров. Далее наблюдают за тем, как это давление изменяется во времени. Если давление рассматриваемого участка нефтепровода не изменяется с течением времени, то это показывает, что утечки в нем нет. Если давление в некотором сечении нефтепровода падает, то это означает, что в испытуемом участке нефтепровод имеет отверстие и задача заключается в том, чтобы оценить размер этого отверстия и, по возможности, точно определить его местоположение [7]. Местоположение предполагаемой утечки обнаруживается путем определения разности высотных отметок между контролируемым сечением нефтепровода, в котором производится измерение падения давления, и сечением места предполагаемой утечки нефти.

Недостатком данного метода является малая чувствительность. Так же данный метод давно устарел, так как мошенники используют оборудование, которое следит за давлением в магистральном нефтепроводе, при его падении задвижка закрывается.

5) Метод анализа статического давления. Метод основан на дистанционном измерении скорости падения давления на участке нефтепровода между задвижками, при наличии утечки во время гидравлического испытания. Нефтепровод находится под давлением в течение 15 мин. Оператор из центрального диспетчерского пункта следит за изменением давления на каждом участке нефтепровода. Если происходит изменение давления на каких-либо участках и возможная утечка более $0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$, то испытание нефтепровода производят по методу дифференциального давления. Данный метод в источниках называют методом статического давления [2, 3, 7].

Недостатком данного метода заключается в том, что невозможно определить точное место врезки при срабатывании сигнала, помимо этого данный метод чаще всего не срабатывает, так как мошенники используют оборудование, которое следит за давлением в магистральном нефтепроводе, при его падении задвижка закрывается.

б) Скребково-диагностический метод. Осуществляется с помощью Магнитного дефектоскопа MFL. Дефектоскоп предназначен для внутритрубной диагностики трубопроводов, транспортирующих природный и промышленный газы, нефть и нефтепродукты. Дефектоскоп имеет два пояса многоэлементных преобразователей магнитного поля на элементах Холла. Каждый из многоэлементных преобразователей содержит мультиплексор и дифференциальный усилитель. Выходы элементов Холла подключены к входам мультиплексора, выходы которого подключены к дифференциальному усилителю. Конструкция преобразователей позволяет повысить стабильность работы дефектоскопа за счет исключения внешних наводок, термоэлектрических и термомагнитных эффектов в схеме подключения преобразователя. Организация опроса элементов в интегрированном преобразователе позволяет исключить лишние усилительные элементы и уменьшить энергопотребление электронных компонентов преобразователя, сократить тепловыделение в преобразователе [16].



Рисунок 6 – Внутритрубный магнитный дефектоскоп

Недостатками данного метода в том что мы можем определить дефект только при запуски зонда по трубопроводу, как правило в разных компаниях промежутки между зондовой диагностикой составляют порядка от 3 ... 5 лет, поэтому данный метод несовершенен и не может регистрировать утечки в режиме онлайн. Помимо этого стоимость и эксплуатация такого зонда очень дорогая [16].

7) Геоэлектромагнитной метод – определяют и анализируют качественные характеристики шумовой компоненты электрической составляющей естественного электромагнитного поля Земли (ЕЭМПЗ) в диапазоне сверхдлинных волн. Устройство для электромагнитной разведки осуществляет прием шумовой компоненты электрической составляющей ЕЭМПЗ на приемную антенну в виде сигнала, пропорционального заряду антенны, выделяет в импульсном фильтре частотную составляющую шумов и после усиления производит ее фазовую демодуляцию в фазовом детекторе и после вычисления интеграла фазового сдвига в интеграторе отображает его на индикаторе [17].

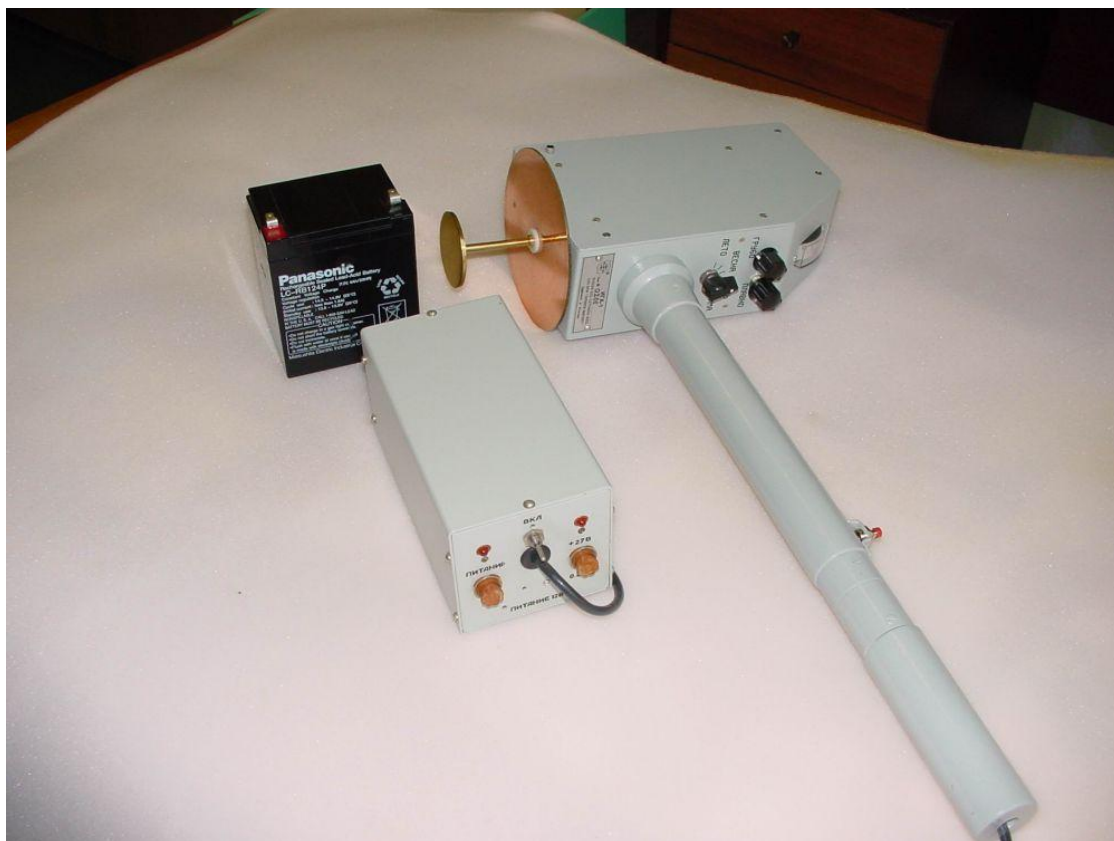


Рисунок 7 – Поисковый прибор ИГА-1

8) Беспилотный метод – относится к беспилотным летательным аппаратам, предназначенным для наблюдения. Летательный аппарат содержит корпус, в котором расположены система глобального позиционирования, система программного автоматического управления, двигатель, соединенный с воздушным винтом, и видеоаппаратура. Корпус внутри содержит баллон, наполненный газом легче воздуха, и состоит из двух плоскостей, верхней и нижней, соединенных бандажом. На верхней плоскости расположены панель солнечной батареи и первый киль. На нижней плоскости расположены панель солнечной батареи, второй киль, технологические окна, купольная видеокамера, механизм поворота руля направления [18]. Способ управления и передачи данных характеризуется тем, что сигнал подают по каналу сотовой связи посредством компьютера через второй терминал, с которого сигнал подают на приемопередающую станцию, распределяют коммутатором на трал и исполнительные цепи. Сигнал с купольной видеокамеры подают на

приемопередающую станцию, распределяют коммутатором и посредством Интернета выводят на компьютер или через приемопередающую станцию сигнал подают на второй терминал и компьютер. Технический результат – расширение функциональных возможностей [18].



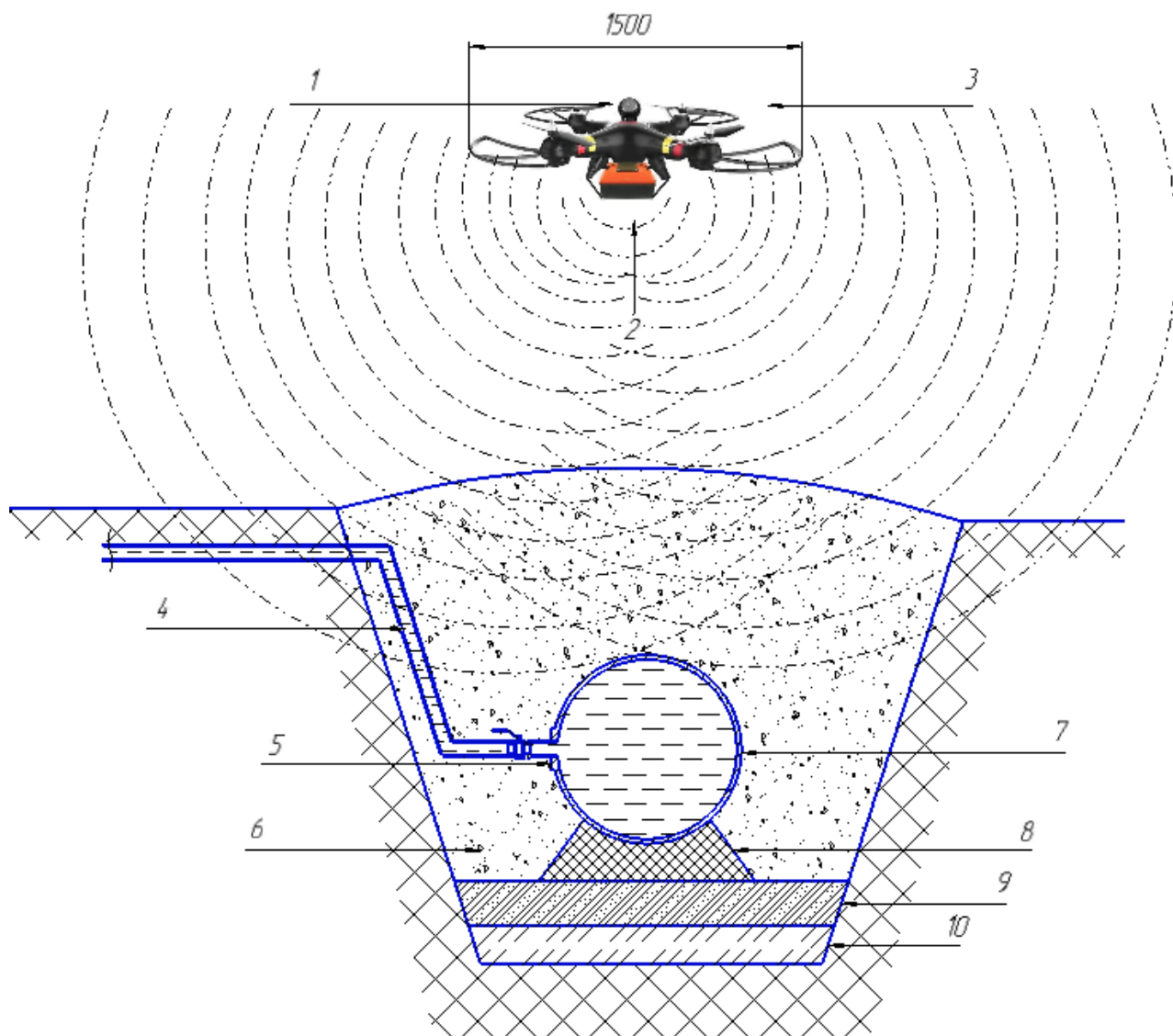
Рисунок 8 – Беспилотный летательный аппарат

Недостатками беспилотного аппарата является уязвимость систем дистанционного управления, так же, беспилотный агрегат не может одновременно контролировать всю линейную часть трубопроводов, так же не высокое разрешение камер не позволяют разглядеть мелкие детали.

4 Метод беспилотной геолокации

Второй способ по обнаружению несанкционированных врезок электромагнитный, главной его задачей является обнаружение отводов от магистральной части с помощью георадаров. Суть работы заключается в том, что на беспилотный летающий агрегат (БПЛА), будет монтироваться георадар «ОКО-2». Георадар «ОКО-2» – это новая серия скоростных, высокопроизводительных георадаров, позволяющая проводить зондирование, как под землей, так и под водой. С помощью данного оборудования можно определить отводы на глубине до 30 метров. Принцип работы следующий, БПЛА перемещается вдоль изучаемой местности, в исследуемую среду излучается электромагнитный импульс, который отражается от раздела сред или включения, отражённый сигнал принимается и записывается прибором, полученный результат отображается на экран компьютера. Эксперимент по обнаружению отводов показан на рисунке 23 [19, 18].

В ходе выполнения данной работы был представлен обзор существующих в настоящее время методов обнаружения утечек нефтепродуктов из магистрального трубопровода в результате несанкционированных врезок или аварии. Так же были предложены новые методы обнаружения незаконных врезок при помощи электромагнитных и акустических сигналов, и способы реализации на магистральном трубопроводе.



1 – камера; 2 – георадар; 3 – квадрокоптер; 4 – отвод; 5 – врезка; 6 – природный грунт; 7 – трубопровод; 8 – основание под трубу; 9 – подсыпка; 10 – основание для траншеи.

Рисунок 23 – Эксперимент по обнаружению отводов

5 Подробное изучение волнового метода контроля

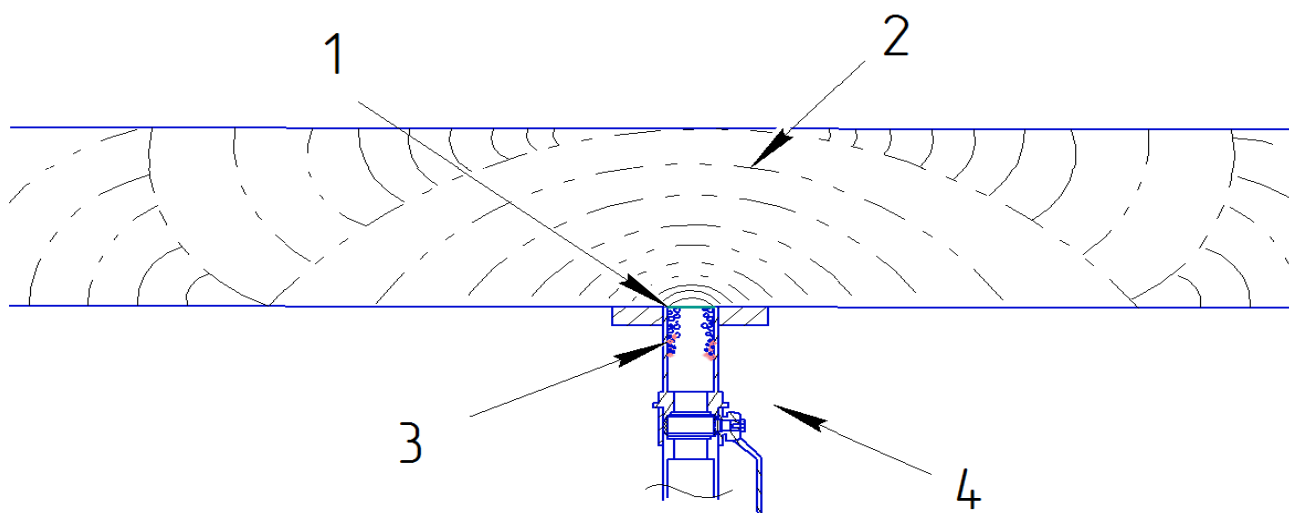
Существует множество способов по обнаружению проблемных мест в трубопроводе, но, как мы знаем, кража нефтепродуктов не прекратилась. Все потому, что на сегодняшний день не существует метода, который бы отвечал четырем основным параметрам – бесперебойность, экономичность, точность, надежность.

Проводя анализ существующих способов по обнаружению проблемных участков, мы разработали методы по выявлению утечек на магистральном трубопроводе: первый метод нашего исследования – акустический, в основе его лежит улавливание колебаний ультразвуковых волн, образующих при отборе нефтепродукта (рисунок 9). Как нам известно, при аварии или несанкционированном вмешательстве в магистральную сеть трубопровода идет потеря давления или гидравлический удар, который сопровождается акустическим шумом, иначе говоря, идет образования кавитационных процессов. Кавитация – процесс парообразования и последующего схлопывания пузырьков пара с одновременным конденсированием пара в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами.

Исходя из этой информации, мы можем утверждать, что во время утечки углеводородов в результате хищения или аварии может образовываться кавитация, которую в свою очередь мы можем зафиксировать с помощью акустических приборов. Как известно кавитация сопровождается ультразвуком. Ультразвук – звуковые волны, имеющие частоту выше воспринимаемых человеческим ухом, под ультразвуком понимают частоты выше 20 000 герц. Важной задачей данной работы определить частоту акустического шума, при котором работает врезка, помимо этого нужно будет учесть затухание акустической волны в трубопроводе при конкретных условиях [4, 5].

Так же при несанкционированном подключении можно наблюдать колебание электромагнитных волн, а именно сонолюминисценцию. Сонолюминисценция – свечение в кавитирующей жидкости в диапазоне от

видимого света до рентгеновского излучения. Предполагается, что генерация рентгеновского излучения связана со схлопыванием пузырьков в жидкости. На данный момент в качестве основной причины сонолюминисценции рассматривается электризация жидкости при кавитации.



1 – сонолюминисценция; 2 – звуковая волна;
3 – образование кавитации; 4 – врезка

Рисунок 9 – Метод акустического контроля

Электризация жидкости заключается в образовании некомпенсированных зарядов на границе межфазного раздела в кавитирующей жидкости [12].

Одной из основных задач данной работы является изучение дисперсионных характеристик скорости звука и коэффициента затухания в металлических трубах. Вопросам распространения звука в трубах посвящен целый ряд работ. В трубопроводе согласно существующим теоретическим исследованиям могут существовать практически все известные типы ультразвуковых волн: объемные (продольные и поперечные), поверхностные и нормальные волны. На формирование определенного набора волн в трубе может повлиять не только способ возбуждения и регистрации волн в трубе, но

и геометрическая форма волновода. Однако, несмотря на большое количество работ не существует полного описания особенностей распространения акустического поля внутри труб.

Поэтому чтоб более подробно начать изучение физические явлений, которые происходят во время несанкционированной врезки, нам нужно построить лабораторный стенд, который создаст приближенные условия работы НВ.

6 Описание разрабатываемого лабораторного стенда

В состав проектируемого лабораторного стенда входит:

1) один насос самовсасывающий Unipump CPM-200 предназначенный для перекачки жидкости по трубопроводу, представлен на рисунке 10. Перекачка происходит по замкнутому кругу, жидкость в насос поступает из гидробака, затем пройдя через трубопровод, вновь возвращается в гидробак.



Рисунок 10 – Насос самовсасывающий «Unipump CPM-200»

2) трубопровод из стали 09Г2С, который предназначен для транспортировки жидкости по стенду, с прохождением всех участков трубопровода, представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Трубопровод стальной 09Г2С

3) сосуд под давлением (рисунок 12) предназначен для хранения жидкости в данном случае воды под давлением, которая является рабочей жидкостью, в проектированном стенде,

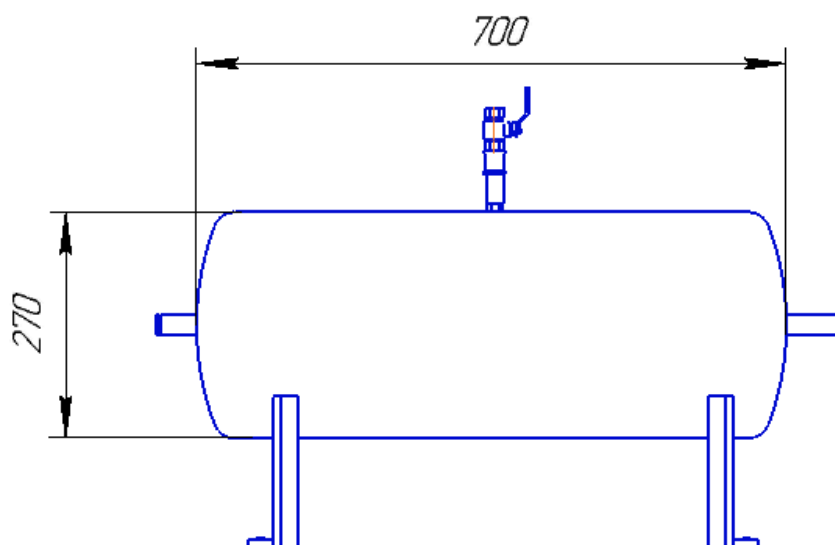


Рисунок 12 – Сосуд под давлением

4) фильтр грубой очистки, необходим для очистки воды от механических, нерастворимых частиц, продуктов коррозии, которые происходят в металлических частях арматуры и насоса, фильтрация происходит за счет прохождения жидкости через сеточку, при этом механические включения крупных размеров оседают на ней, представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Фильтр грубой очистки

5) манометр, прибор необходимый для измерения давления. На данном стенде он показывает давление, на выходе из насоса, представлены на рисунке 14.



Рисунок 14 – Манометр M07K/M-A10 «Honeywell»

б) запорно-регулирующая арматура (ЗРА). В данном случае краны шаровые, являются запорной арматурой представлен на рисунках 15, 16.



Рисунок 15 – Кран шаровой муфта



Рисунок 16 – Кран шаровой муфт/резьба

7) диски с разным диаметром отверстия, для изучения зависимости звука от разности сечения. Представлен на рисунке 17.

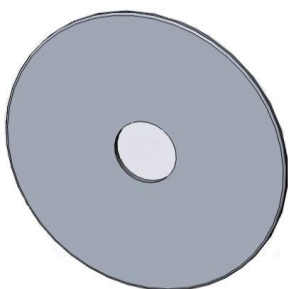


Рисунок 18 – Диски

8) бак для слива – предназначен для хранения жидкости, рисунок 19.

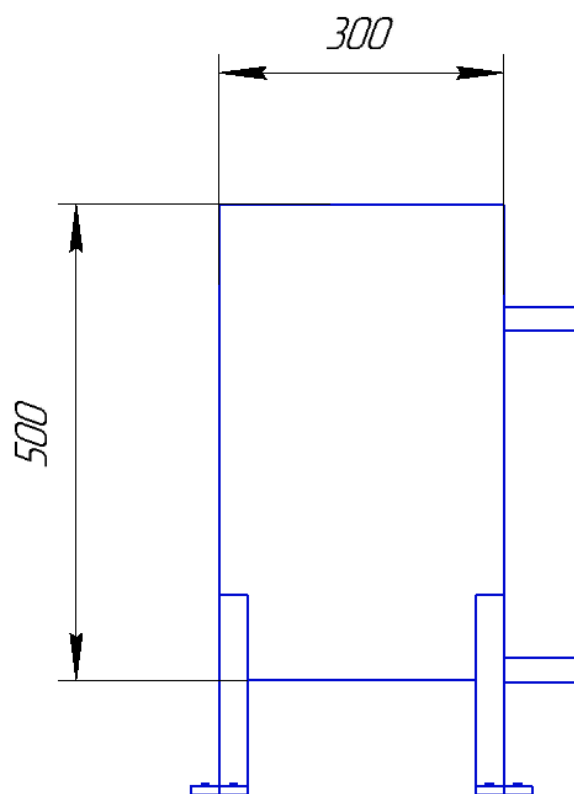


Рисунок 19 – Бак для слива

6.1 Техническое предложение

Данный рабочий стенд создаст приближенные условия работы несанкционированной врезки, что в дальнейшем позволит нам провести эксперименты по изучению акустических шумов, которые возникают при краже продукта.

Задача состоит в том, что необходимо понять какие физические изменения возникают при отборе нефтепродукта, понять какая зависимость между разности сечения и акустическим шумом, а так же зависимость физических процессов от вязкости продукта.

6.2 Характеристики основного оборудования и материалов

Лабораторный стенд «Режимы работы несанкционированной врезки» состоит из основного оборудования:

- насос;
- трубопровод;
- запорная и регулирующая арматура;
- гидравлический бак
- контрольно-измерительный прибор.
- бак для слива
- стальной диск

Оборудование необходимо подбирать таким образом, чтобы получились приближенные условия работы несанкционированной врезки.

6.2.1 Насос

Насос должен удовлетворять определенным требованиям:

- питание электродвигателя 220 В;
- малые габаритные размеры;

- обладать самовсасывающей способностью;
- напором 40 м;
- иметь защиту от перегрузки;
- иметь класс защиты не ниже IP 44.

На основании этих требований был подобран насос: UNIPUMP CPM-200. Технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика насосов

Техническая характеристика насоса	UNIPUMP CPM-200 [1]
Тип	Центробежный самовсасывающий
Мощность, Вт	1500 Вт
Напор, м	40 м
Глубина всасывания, м	4 м
Производительность, л/мин	110 л/мин. = 6,6 м3/ч
Трубное соединение, мм	25 мм
Материал корпуса	Чугун
Максимальное давление, атм	4 атм
Диапазон допустимых температур жидкости, °С.	От 0 до 35 °С
Напряжение, В	220-230 В
Масса, кг	21,8 кг
Класс защиты по IP	IP 44
Страна изготовитель	Россия
Цена, р	9008,29 р

6.2.2 Трубопровод

В проектируемом лабораторном стенде используется труба стальная ДУ-25, которая представляет собой строительную деталь с овальным сечением. Изготовлена труба из низколегированной стали, путем горячей деформации круглой трубы. Общая длина трубопровода составляет около 6 метров. Марка стали нашей трубы 09Г2С, характеризующими свойствами ее являются надежность, долговечность, устойчивость к деформациям.

6.2.3 Сосуд под давлением

Данный сосуд был взят из гидросистемы самосвала, ранее использовался для хранения масла. Максимальное избыточное давление 1,5 МПа, что соответствует параметрам проектируемого лабораторного стенда.

6.2.4 Контрольно-измерительные приборы

На данный момент контрольно-измерительные приборы лабораторного стенда включают в себя манометр, показан на рисунке 14.

Технические характеристики манометра Honeywell M07K/M-A10:

- диаметр корпуса – 63 мм;
- класс точности – 1,6;
- штуцер манометра – ¼” (ДУ-25) радиальный;
- межповерочный интервал – 2 года;
- корпус – IP40, стальной, цвет черный;
- диапазон измерений давления от 0 до 10 атмосфер [4].

6.2.5 Трубопроводная арматура

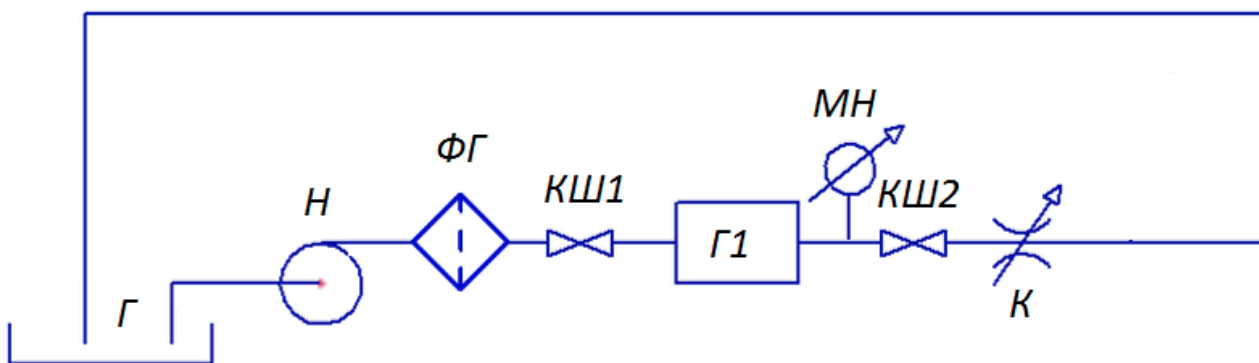
Из всего спектра трубопроводной арматуры в данном лабораторном стенде были использованы: Кран шаровой муфт/рез ДУ-25, изображенный на рисунке 16, кран шаровой муфт. ДУ-25, изображенный на рисунке 15.

Предъявляемыми требованиями к трубопроводной арматуре являются качество изготовления, надежность и долговечность, простота монтажа с проектируемым трубопроводом. Данным требованиям полностью удовлетворяют краны шаровые из латуни. Максимальное давление 1,6 МПа [2].

6.2.6 Бак для слива

Изготовлен из стального листа марки 09Г2С, сварен с помощью электродуговой сварки, электродами марки УОНИ – 13/55.

6.3 Гидравлическая схема



КШ1 – кран шаровой муфт.; КШ2 – кран шаровой муфт/рез. ФГ – фильтр грубой очистки; Г – бак для слива; Н – насос; МН – манометр; Г1 – Гидробак закрытый; К – кольца с разным внутренним диаметром

Рисунок 20 – Гидравлическая схема

6.4 Сварочно-монтажные работы

Монтаж оборудования производился на цокольном этаже института нефти и газа. В первую очередь были произведены замеры расстояния, на котором будет располагаться лабораторный стенд. В длину лабораторный стенд занимает 2,7 метра в ширину 80 см и в высоту 70 см.

На стенде установлены: гидравлический бак, часть трубопровода с запорно-регулирующей арматурой, контрольно-измерительные приборы, бак для хранения жидкости (слив).

Насос на стенде будет закреплен двумя болтами М8×45 прочностью 8.8 с пружинными шайбами Гровера.

Крепление трубопровода к станине осуществляется шпильками М8 регулируемой длины.

Для монтажа трубопроводов, а также запорной арматуры использованы муфты комбинированные 25 мм × 1", муфты соединительные, угольники 90°. При монтаже муфт комбинированных резьбу необходимо уплотнять при помощи ФУМ-ленты, затягивая контролировать усилие так, чтобы на соединения не оказывалась дополнительная нагрузка.

Сварочные работы будут проводиться с помощью электродуговой сварки исходя из ГОСТ 26-291 – 79, который устанавливает правила использования электродов определенных марок и толщины для сварки тех или иных металлов и конструкций из них.

6.5 Определение минимальной толщины стенки сосуда

На предприятиях нефтегазовой отрасли широко применяются аппараты, работающие под давлением. Под сосудом, работающим под давлением, понимается герметически закрытая ёмкость, предназначенная для ведения химических и тепловых процессов, а также для хранения и перевозки сжатых, сжиженных и растворённых газов и жидкостей под давлением. Опасность

эксплуатации таких аппаратов заключается в том, что при потере механической прочности стенок обечайки (коррозия, локальный перегрев, трещины и т.п.) или повышении давления может произойти (взрыв) разрушение сосуда, в результате которого потенциальная энергия сжатой среды переходит в кинетическую энергию разлетающихся осколков.

Расчёт емкостей и сосудов, работающих под давлением заключается в определении номинальной толщины стенки барабана или прямой камеры при номинальном наружном или номинальном внутреннем диаметре, конечной температуре сжатого воздуха, мощности взрыва воздухосборника, а также в определении остаточного ресурса (рисунок 21), [21].

Номинальную толщину стенки сосуда рассчитывают по следящей формуле

$$S = \frac{p \cdot D_{\text{в}}}{2,04 \cdot \varphi \cdot \sigma_{\text{д}} - P} + C, \quad (1)$$

$$S = \frac{0,39 \cdot 268}{2,04 \cdot 0,7 \cdot 145 - 0,39} + 1 = 1,5 \text{ мм.}$$

где S – толщина стенки, мм;

p – расчётное давление внутри сосуда, МПа;

$D_{\text{в}}$ – номинальные внутренний диаметр сосуда, мм;

φ – коэффициент прочности сварного шва: для углеродистой, низколегированной, марганцовистой, хромомолибденовой и аустенитной стали, для бесшовных труб $\varphi = 1$; для хромомолибденованадиевой и высокохромистой стали $\varphi = 0,8$; для углеродистой и низколегированной марганцовистой стали в зависимости от способа сварки – при автоматической двусторонней сварке под флюсом, контактной сварке, односторонней ручной и автоматической сварке под флюсом, электрошлаковой сварке, ручной сварке в атмосфере углекислого

газа и аргонодуговой сварке $\varphi = 0,85$, при всех других видах ручной электрической и газовой сварки $\varphi = 0,7$;

σ_d – нормальное допускаемое напряжение, МПа;

C – прибавка к расчётной толщине стенки, мм: для барабанов и камер, свариваемых из листа или кованных с последующей механической обработкой при толщине листа не более 20 мм, $C = 1$ мм.

Таким образом, минимальная толщина стенки для работы сосуда под давлением будет равна 1,5 мм, что соответствует условию $S_{дон} \leq S_{факт} = 1,5 \leq 2$.

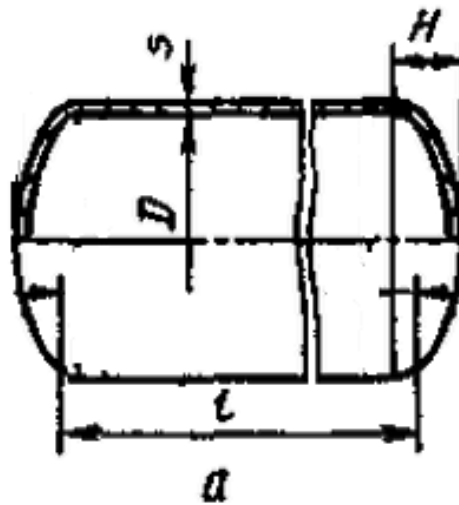


Рисунок 21 – Определение минимальной толщины стенки сосуда

6.6 Определение максимального избыточного давления в сосуде

Далее рассчитаем допустимое давление в сосуде

$$P = \frac{2,04 \cdot \varphi \cdot \sigma_d \cdot (S_{факт} - C)}{D_s + (S_{факт} - C)}, \quad (2)$$

$$P = \frac{2,04 \cdot 0,7 \cdot 145 \cdot (3 - 1)}{264 + (3 - 1)} = 1,55 \text{ МПа.}$$

где P – расчётное давление внутри сосуда, МПа;

$S_{\text{факт}}$ – фактическая толщина стенки, мм;

σ_{δ} – нормальное допускаемое напряжение, для нашей марки стали $\sigma_{\delta} = 145$, МПа;

φ – коэффициент прочности сварного шва: для углеродистой, низколегированной, марганцовистой, хромомолибденовой и аустенитной стали, для бесшовных труб $\varphi = 1$; для хромомолибденованадиевой и высокохромистой стали $\varphi = 0,8$; для углеродистой и низколегированной марганцовистой стали в зависимости от способа сварки- при автоматической двусторонней сварке под флюсом, контактной сварке, односторонней ручной и автоматической сварке под флюсом, электрошлаковой сварке, ручной сварке в атмосфере углекислого газа и аргонодуговой сварке $\varphi = 0,85$, при всех других видах ручной электрической и газовой сварки $\varphi = 0,7$;

D_{δ} – номинальные внутренний диаметр сосуда, мм;

C – прибавка к расчётной толщине стенки, мм: для барабанов и камер, свариваемых из листа или кованных с последующей механической обработкой при толщине листа не более 20 мм, $C = 1$ мм.

Таким образом, максимально допустимое давление в сосуде будет равно 0,99954 МПа, что не превышает давление создаваемое насосом. Условие выполняется $P_{\text{дон}} \geq P_{\text{факт}} = 0,99 \geq 0,39$

6.7 Определение минимальной толщины стенки выпуклого днища

Расчет толщины стенки для эллиптических днищ определяется по формуле:

$$0,002 \leq \frac{S_1 - c}{D} \leq 0,1 \quad (3)$$

где S_1 – толщины стенки для эллиптических днищ, мм;

C – прибавка к расчётной толщине стенки, мм: для барабанов и камер, свариваемых из листа или кованных с последующей механической обработкой при толщине листа не более 20 мм, $C = 1$ мм;

D – диаметр сосуда, мм.

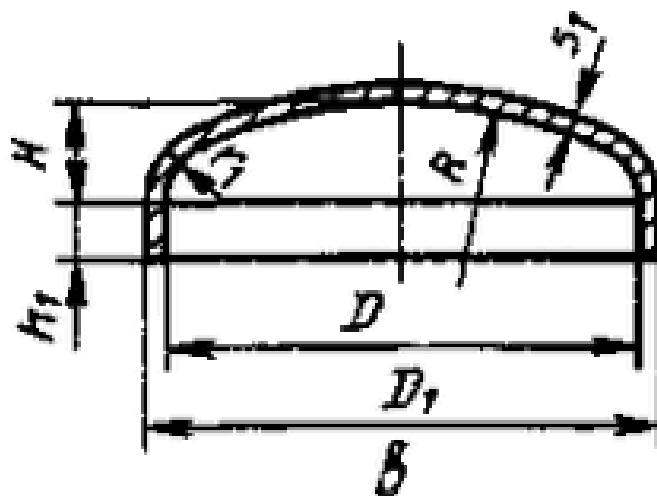


Рисунок 22 – Эллиптическое днище

$$S_1 \geq S_{1p} + c \quad (4)$$

$$3 \geq 1,99 + 1 = 2,99$$

$$S_{1p} = \frac{p \cdot R}{2\phi \cdot [\sigma] - 0,5p}, \quad (5)$$

$$S_{1p} = \frac{1,53 \cdot 264}{2 \cdot 0,7 \cdot 145 - 0,5 \cdot 1,53} = 1,99 \text{ мм.}$$

где P – расчётное давление внутри сосуда, МПа;

φ – тоже что и в формуле (2).

σ – нормальное допускаемое напряжение, МПа.

6.8 Определение максимальное избыточное давление выпуклого днища

Максимальное избыточное давление определяется по формуле:

$$[p] = \frac{2(S_1 - c) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{R + 0,5 \cdot (S_1 - c)}, \quad (6)$$

$$[p] = \frac{2(3 - 1) \cdot 0,7 \cdot 145}{264 + 0,5 \cdot (3 - 1)} = 1,53 \text{ МПа.}$$

где S_1 – тоже что и в формуле (3),

C – тоже что и в формуле (3).

$$R = \frac{D^2}{4H}, \quad (7)$$

$$R = \frac{264^2}{395,5} = 264$$

где R – Радиус кривизны в вершине днища $R = D$, мм;

$H = 0,25 D$, мм;

D – тоже что и в формуле (2).

6.9 Испытание стенда

Испытание оборудования производится после полной сборки стенда, в систему должна быть залита дистиллированная вода в минимальном количестве 15 литров. Все краны должны быть открыты [21].

Необходимо обеспечить безопасность электрического подключения. После выполнения всех действий можно производить запуск установки, если возникли протечки в местах соединения трубопроводов, то необходимо отключить установку, произвести устранение протечек и заново запустить установку.

7 Экономическая часть ВКР

В экономической части дипломной работы будут рассчитаны затраты на разработку лабораторного стенда «Режим работы несанкционированной врезки». Затраты на разработку будут состоять из следующих этапов:

- приобретение комплектующих для лабораторного стенда и его монтаж:
 - 1) расчет затрат на приобретение комплектующих
 - 2) расчет затрат на монтаж
- расчет эксплуатационных затрат:
 - 1) расчет затрат на текущий ремонт
 - 2) определение численности персонала, необходимого для проведения исследований.
 - 3) расчет фонда оплаты труда лаборанта и страховых взносов
 - 4) определение затрат на электроэнергию.

7.1 Расчет затрат на приобретение оборудования для разработки и монтажа

7.1.1 Расчет затрат на приобретение оборудования для разработки

Затраты на оборудование и комплектующие материалы необходимые для создания лабораторного стенда для исследования режима работы несанкционированной врезки, представлены в таблице.

Таблица 2 – Затраты на оборудование и комплектующие для лабораторного стенда «Режим работы несанкционированной врезки»

Наименование	Требуемое количество	Стоимость без НДС		Источник цен
		Единицы, руб	Всего, руб	
Насос центробежный	1 шт	9008	9008	В соответствии с данными [20].
Труба стальная ДУ-25	6 м	84,70	508,2	В соответствии с данными [20].
Угольник ДУ-25	5 шт	227	1135	В соответствии с данными [20].
Сгон ДУ-25	4 шт	27	108	В соответствии с данными [20].
Кран шаровый ДУ-25	4 шт	513	2052	В соответствии с данными [20].
Кран шаровый ДУ-15	2 шт	315	630	В соответствии с данными [20].
Тройник ДУ-25	2 шт	288	576	В соответствии с данными [20].
Футорка ДУ-15х1/4	1 шт	33	33	В соответствии с данными [20].

Окончание таблицы 2

Фильтр грубой очистки ДУ-25	1 шт	264	264	В соответствии с данными [20].
Манометр	2шт	951	1902	В соответствии с данными [20].
Муфта разъемная ДУ-25	2 шт	386	772	В соответствии с данными [20].
Соединитель с нак.г.	2 шт	325	560	В соответствии с данными [20].
Баллон 40 л	1шт	2000	2000	В соответствии с данными [20].
Бак стальной	1 шт	2000	2000	В соответствии с данными [20].
Итого:			21548,2	

Таким образом, общие затраты на приобретение оборудования для создания лабораторного стенда «Режим работы несанкционированной врезки» составляют $S_o = 21548,2$ руб.

7.1.2 Расчет затрат на монтаж оборудования

Стоимость монтажных работ примем 20 % от стоимости оборудования

$$S_{mr} = S_o \cdot 0,2, \quad (8)$$

где S_o – стоимость оборудования и комплектующих в рублях.

$$S_{mr} = 21548,2 \cdot 0,2 = 4309,64 \text{ руб.}$$

Затраты на доставку оборудования примем 8% от стоимости оборудования.

$$S_{\text{д}} = S_{\text{о}} \cdot 0,08, \quad (9)$$

где $S_{\text{о}}$ – то же, что и в формуле (8).

$$S_{\text{д}} = 21548,2 \cdot 0,08 = 1723,85 \text{ руб.}$$

Итого затраты на приобретение оборудования для разработки и монтажа составили 27581,7 рублей.

7.2 Расчет текущих затрат на проведение эксперимента

7.2.1 Определение численности лаборантов

Разработка лабораторного стенда занимает 141 час. Эксперимент проводит лаборант, который работает по пятидневной рабочей неделе, у него 8-х часовой рабочий день ($T_{\text{д}}$). Число рабочих дней в 2017 году равно 247 ($T_{\text{г}}$), следовательно, в месяце примем равным 21.

Годовая трудоемкость человеко-часов, составит:

$$T = T_{\text{г}} \cdot T_{\text{д}}, \quad (10)$$

где $T_{\text{г}}$ – число рабочих дней в году;

$T_{\text{д}}$ – число часов в рабочем дне.

$$T = 247 \cdot 8 = 1976 \text{ человеко-часов}$$

Необходимую численность лаборантов определим по формуле

$$N = \frac{n}{T}, \quad (11)$$

где n – время на разработку аппаратно-программного комплекса, дней;

T – годовая трудоемкость, *человеко-час*;

$$N = \frac{141}{1976} = 0,07 \approx 1 \text{ человек}$$

Следовательно, для разработки комплекса необходим один лаборант.

7.2.2 Расчет фонда оплаты труда лаборанта

Фонды оплаты труда определяем по формуле

$$\Phi OT = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (12)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата включает в себя тарифную составляющую, премии, районный и северный коэффициенты.

Тарифная составляющая основной среднемесячной заработной платы:

$$Z_{осн} = ЗП + ЗП_{рк} + ЗП_{сн}, \quad (13)$$

где $ЗП$ – месячная заработная плата лаборанта составляет 9544 руб.

$ЗП_{рк}$ – районный коэффициент (20% от $ЗП$);

$ЗП_{сн}$ – северная надбавка (30 % от $ЗП$).

$$3\Pi_{PK} = \left(\frac{3\Pi}{100} \right) \cdot 20, \quad (14)$$

где 3Π – то же, что и в формуле (13).

$$3\Pi_{PK} = \left(\frac{9544}{100} \right) \cdot 20 = 1908,8 \text{ руб.}$$

$$3\Pi_{CH} = \left(\frac{3\Pi}{100} \right) \cdot 30, \quad (15)$$

где 3Π – то же, что и в формуле (13).

$$3\Pi_{CH} = \left(\frac{9544}{100} \right) \cdot 30 = 2863,2 \text{ руб.}$$

$$3_{OCH} = 9544 + 1908,8 + 2863,2 = 14316 \text{ руб.}$$

Часовая заработная плата (тарифная ставка):

$$S_T = \frac{3_{OCH}}{K \cdot t}, \quad (16)$$

где K – среднее количество рабочих дней в месяце, $K = 21$;

t – Продолжительность рабочего дня, $t = 8$ час;

3_{OCH} – то же, что и в формуле (13).

$$S_T = \frac{14316}{21 \cdot 8} = 85,2 \text{ руб/час}$$

Определим тарифную составляющую

$$З_{ТС} = T \cdot S_T, \quad (17)$$

где T – трудоемкость работ;

S_T – часовая заработная плата (тарифная ставка).

Следовательно, дневная заработная плата составляет:

$$З_{ТС} = 8 \cdot 85,2 = 681,7 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата составляет 14 % от основной заработной платы:

$$З_{ДОП} = З_{ОСН} \cdot 0,14, \quad (18)$$

где $З_{ОСН}$ – то же, что и в формуле (17).

$$З_{ДОП} = 14316 \cdot 0,14 = 2004,2 \text{ руб.}$$

Тогда фонд оплаты труда составляет:

$$ФОТ = 14613 + 2004,2 = 16617,2 \text{ руб.} \quad (19)$$

7.2.3 Расчёт страховых взносов

Отчисления на обязательные социальные страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональные заболевания (для второго класса профессионального риска) составляет 30 % от ФОТ: в том числе 22 % – в пенсионный фонд; 2,9 % – в фонд социального страхования; 5,1 % – в фонд обязательного медицинского страхования.

$$З_{отч} = ФОТ \cdot 0,3, \quad (20)$$

где $ФОТ$ – то же, что и в формуле (19).

$$З_{отч} = 16617,2 \cdot 0,3 = 4985,16 \text{ руб.}$$

7.2.4 Расчёт накладных расходов

Накладные расходы примем 10 % от $ФОТ$, тогда расходы на разработку составили:

$$З_{ис} = ФОТ \cdot 0,1 + З_{осн}, \quad (21)$$

где $ФОТ$ – то же, что и в формуле (19);

$З_{осн}$ – то же, что и в формуле (13);

$$З_{ис} = 16617,2 \cdot 0,1 + 14316 = 15977,7 \text{ руб.}$$

7.2.5 Расчет затрат на текущий ремонт

Затраты на текущий ремонт составляют 10 % от стоимости оборудования, т.е.

$$S_{тр} = S_o \cdot 0,1 \quad (22)$$

где S_o – то же, что и в формуле (8).

$$S_{тр} = 21548,2 \cdot 0,1 = 2154,82 \text{ руб.}$$

7.2.6 Определение затраченного времени на разработку аппаратно – программного комплекса

Перечень операций, необходимых для разработки лабораторного стенда, с указанием их длительности, представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень операций необходимых для разработки лабораторного стенда

Наименование операции	Длительность операций, час
Разработка чертежей	47
Работы по поиску комплектующих	6
Подключение и крепёж элементов	47
Испытание	41
Итого	141

7.2.7 Определим затраты на электроэнергию при работе стенда

Затраты на электроэнергию при работе на приборе рассчитываем по формуле

$$Q_{\text{эл.эн.}} = T_{\text{ар}} \cdot W_{\text{потреб}}, \quad (23)$$

где $Q_{\text{эл.эн.}}$ – затраты на электроэнергию;

$T_{\text{ар}}$ – стоимость 1 кВт·ч = 2,5 руб [14];

$W_{\text{потреб}}$ – потребляемая мощность насосом UNIPUMP CPM-200 = 0,8 кВт·ч.

$$Q_{\text{эл.эн.}} = 2,5 \cdot 0,8 = 2 \text{ руб/час.}$$

Исходя из расчета составим таблицу по общим затратам на разработку лабораторного стенда для изучения «Режим работы несанкционированной врезки». Данные сведем в таблицу 4.

Таблица 4 – Общие затраты

Наименование	Стоимость, руб.
Единовременные затраты	
Приобретение оборудования	21548,2
Стоимость доставки комплектующих	1735,85
Стоимость монтажных работ	4309,64
Итого:	27581,7
Затраты на проведение эксперимента	
Затраты на текущий ремонт	2154,8
Фонд оплаты труда лаборанта	16617,2
Накладные расходы	15977,7
Стоимость потребляемой электроэнергии в ходе эксперимента (руб/ч)	2
Итого:	34749,7
Всего:	62331,42

Таким образом, стоимость затрат на разработку лабораторного стенда «Режим работы несанкционированной врезки» составляет 62331,42 рублей.

8 Безопасность жизнедеятельности

В последние годы в нашей стране и за рубежом происходит множество чрезвычайных ситуаций различного характера. Поэтому в современных условиях развития общества решение проблем, связанных с обеспечением безопасности человека во всех сферах его деятельности от опасных и вредных факторов, является актуальным.

Возникающие стихийные бедствия, аварии, катастрофы, загрязнение окружающей среды промышленными отходами и другими вредными веществами создают ситуации, опасные для здоровья и жизни населения. Сегодня исключать чрезвычайные ситуации нельзя, но существенно снизить их число, уменьшить масштабы и смягчить последствия возможно [19].

Таблица 5 – Фактическое состояние условий труда на рабочем месте

№	Код	Наименование производственного фактора, единица измерения	ПДК, ПДУ, допустимый уровень	Дата проведенного измерения	Фактический уровень производственного фактора	Класс условий труда, степень вредности и опасности	Продолжительность воздействия
1	4.50	Шум, дБА	70	11.04.17	10	3.2	1
2	4.62	Температура, °С	15-22	11.04.17	20	2	1
3	4.64	Влажность, %	15-75	11.04.17	32	2	1
4	4.63	Скорость движения воздуха, м/с	0.1	11.04.17		2	1
5	4.68	Освещенность, лк	800	11.04.17	400	2	0.5
6	4.67	КЕО, %	0.6	11.04.17	-	2	0,5
7	4.66	ТНС, С	19.5 –23.9	11.04.17	17,8	2	0.8
8	4.65	Тепловое излучение, Вт/см ²	140	11.04.17	120	3.1	0.8
9	2.00	Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м ³ Стирол	2	11.04.17	0.1	2	0,3

На основании данных мы видим, вопрос о состоянии труда, наблюдается недостаточная освещенность.

8.1 Недостатки аналогов по обеспечению безопасности труда

Рабочее место выбирается из условий возможности беспрепятственного обращения как с основным (насосом, устройством обработки информации), так и с дополнительным оборудованием (емкостями с рабочей жидкостью, средствами регулирования тока в электрической цепи и т.д.) лабораторного стенда «Режимы работы насосной станции».

Непосредственное место работы лаборанта представляет собой сварную станину с расположенным на ней насосом, трубопроводной арматурой, трубами, резервуаром с рабочей жидкостью и устройством вывода информации для получения наглядных результатов экспериментов [19].

Недостатками данного стенда является большой вес и большое количество разъемных соединений трубопроводов.

Потенциальные опасности при работе со стендом:

- поражение электрическим током;
- возможность гидравлического удара при разрыве разъемных соединений трубопровода.

Одной из наиболее опасных аварийных ситуаций является возгорание электромотора насосной установки вследствие короткого замыкания внутри двигателя.

Плохая освещенность рабочего места лаборанта может привести к перенапряжению зрительного органа человека и к ухудшению зрения.

При проливе рабочей жидкости может возникнуть вероятность поражения электрическим током.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), используемых при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих [19].

Так как в помещении лаборатории не производится никаких работ, кроме исследований режимов течения жидкости на лабораторном стенде, где рабочей жидкостью является дистиллированная вода, то выделения вредных и опасных веществ происходить не будет, что удовлетворяет требованиям [19].

По виду экономической деятельности работа относится ко II классу профессионального риска и страховые тарифы на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний составляют 0,3 % к начисленной оплате труда.

8.2 Проектные решения по обеспечению безопасности труда на проектируемом оборудовании

Насосную установку следует эксплуатировать в лабораторных помещениях с нормальным уровнем влажности.

Проектируемый объект располагается в Красноярском крае, что соответствует II климатическому региону, характеризующимся среднемесячными значениями температур воздуха в январе от -5 до -33 °C, а в июле от + 21 до + 32 °C, средней скоростью ветра 3,6 м/с.

Работа на приборе относится к категории 1б – энергозатраты 121 ... 150 ккал/ч (140–174 Вт) [19].

Температура в производственных помещениях в теплый период года не должна превышать 22 ... 25 °C, в холодный и переходный периоды года 20 ... 23 °C. Относительная влажность воздуха в рабочей зоне – 60 ... 40 %.

Для поддержания оптимальных параметров воздушной среды производства вспомогательные и административно-бытовые помещения оборудованы системами центрального отопления и приточно-вытяжной вентиляции [19].

8.3 Санитарные требования к помещению и размещению используемого оборудования

Установка находится в лабораторном помещении площадью 23 м^2 , высотой $3,25 \text{ м}$, что соответствует требованиям санитарно-эпидемиологических правил, согласно которым объем производственных помещений на одного работающего при выполнении работ категории энергозатрат 1б должен составлять не менее 15 м^3 , площадь помещений для одного работающего не менее $4,5 \text{ м}^2$, а высота помещения не менее $3,25 \text{ м}$.

Компоновка мебели и свободных площадей обеспечивает свободный проход к установке и беспрепятственное покидание помещения при пожаре и аварийных ситуациях.

Санитарно-гигиенические условия труда при работе с лабораторным стендом оцениваются как нормальные. Вредных веществ и пыли при его работе не выделяется. Вибрация, шум, инфра – и ультразвук и излучение находятся на много ниже допустимых значений этих показателей на производстве.

Характеристика зрительной точности оценивается как грубая точность, так как объекты различения обладают размером более 5 мм [19].

Освещение лабораторного помещения производится лампами дневного света согласно действующим нормам и правилам, освещенность составляет не менее 400 люкс [19].

Освещение лаборатории разделяется на искусственное и естественное. Искусственное освещение осуществляется закрепленными на потолке светильниками «Астра» с 4 лампами в корпусе, всего в помещении находится 12 светильников. Естественное освещение обеспечивается двумя оконными проемами.

Проектирование отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха производственных зданий и сооружений предприятий, а также выбросов вентиляционного воздуха в атмосферу и очистки его перед выбросом следует производить в соответствии с требованиями действующих норм и правил, а

также СНиП по проектированию отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

В помещениях с тепловыделениями допускается предусматривать использование избытков тепла для отопления и вентиляции с учетом требований настоящих норм.

Количество воздуха, необходимого для обеспечения требуемых параметров воздушной среды в рабочей зоне, следует определять расчетом, учитывая неравномерность распределения вредных веществ, тепла и влаги по высоте помещения и в рабочей зоне:

- для помещений с тепловыделениями – по избыткам явного тепла;
- для помещений с тепло и влаговыделениями – по избыткам явного тепла, влаги и скрытого тепла, с проверкой на предупреждение конденсации влаги на поверхностях строительных конструкций и оборудования с учетом требований настоящих норм;
- для помещений с газовыделениями – по количеству выделяющихся вредностей, из условия обеспечения предельно допустимых концентраций [19].

При одновременном выделении в помещения вредных веществ, тепла и влаги количество приточного воздуха при проектировании вентиляции следует принимать большим, чем полученное из расчетов для каждого вида производственных выделений.

Определять количество воздуха для вентиляции по кратности воздухообмена не допускается, за исключением случаев, оговоренных в нормативных документах, согласованных и утвержденных в установленном порядке.

Помимо выполнения описанных требований техники безопасности важно поддерживать наиболее приятные, здоровые и комфортные условия труда, например, гладкие стены, свободные от острых выступов и пыли, приятный цвет стен в лаборатории. Показания приборов учета зависят от содержания в них влаги, а также приборы чувствительны к изменениям температуры. Оба

этих источника погрешностей играют заметную роль в надежности исследований [19].

Средства индивидуальной защиты для этих видов исследований не предусмотрены.

8.4 Обеспечение безопасности технологического процесса

Безопасность технологического процесса достигается за счет качества сборки и испытаний всех разъемных соединений, как гидравлических, так и электрических.

Институт оборудован электросетью с напряжениями 220 В и 380 В, все сети заземлены согласно действующим нормативам. Входное напряжение на приборе составляет 220 В с дальнейшим понижением до необходимого значения. Расчет заземляющего устройства производить нет необходимости, т.к. насос будет подключен к общему заземлению, которым оборудовано здание.

Основной задачей расчета искусственного освещения является определение числа светильников или мощности ламп для обеспечения нормированного значения освещенности.

Для расчета искусственного освещения использую метод по коэффициенту использования светового потока.

Расчет освещения начинают с выбора типа светильника, который принимается в зависимости от условий среды и класса помещений по взрывопожароопасности.

Расчет количества светильников производится по формуле:

$$N = \frac{E_H \cdot S \cdot k \cdot z}{\Phi_L \cdot \eta \cdot n} \quad (24)$$

где N – количество светильников, шт;

E_H – нормированная освещенность, лк;

S – освещаемая поверхность, лк;

k – коэффициент запаса;

z – коэффициент минимальной освещенности, для ламп накаливания и

$z = 1,15$, для люминесцентных ламп $z = 1,1$;

Φ_L – световой поток лампы, лм;

η – коэффициент использования светового потока;

n – число ламп в светильнике.

Нормированную освещенность (E_H) принимают в соответствии с выбранной системой освещения и условиями зрительной работы [19].

Количество рядов определяют методом распределения по площади (развешивания) для достижения равномерной освещенности. Основным параметром для развешивания светильников является отношение высоты подвески (H_p) к расстоянию между светильниками или рядами (L), при котором создается равномерное освещение [19].

Отношение H_p/L принимаются в пределах $1,4 \div 2$.

Коэффициенты использования светового потока для принятого типа светильника определяют по индексу помещения i и коэффициентам отражения потолка (ρ_n), стен (ρ_c), и пола (ρ_p).

Индекс помещения

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (25)$$

где A и B – соответственно длина и ширина помещения, м;

H_p – высота подвеса светильников, м.

Для освещения выбираем светильник «Астра» с расстоянием между светильниками $\lambda = 1,6$ м. Коэффициент запаса $k = 1,3$. В светильнике «Астра» косинусное светораспределение. Высота свеса светильников $h_{св} = 0$ м, т.е. они закреплены на потолке, получим расчетную высоту $H_p = 2,45$ и расстояние между светильниками $L = 1,6$ м.

$$H_p = 3,25 - 0,8 = 2,45 \text{ м.}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$N_b = \frac{6}{1,6} = 3,75 \text{ шт.}$$

Число светильников в ряду:

$$N_a = \frac{3,8}{1,6} = 2,4 \text{ шт.}$$

Округляем эти числа до ближайших больших: $N_a = 3$ и $N_d = 4$.

Общее число светильников:

$$N = N_a \cdot N_b \tag{26}$$

где $N_a = 3$ и $N_d = 4$.

$$N = 3 \cdot 4 = 12 \text{ шт.}$$

Размещаем светильники.

По ширине помещения расстояние между рядами L , а расстояние от крайнего ряда до стены чуть больше $0,3L$, а именно $1,4$ м. В каждом ряду расстояние между светильниками примем L , м, а расстояние от крайнего светильника до стены будет:

$$L_{cc} = \frac{6 - 1,6}{4} = 1,1 \text{ м.}$$

Это составляет $0,69L$. Индекс помещения:

$$i = \frac{23}{2,45 \cdot 9,8} = 0,96$$

По справочнику выбираем коэффициент использования светового потока $\eta = 0,5$. Так как расстояние между светильниками практически равно оптимальному, то принимаем коэффициент минимальной освещенности $z = 1,15$. Определяем необходимый световой поток лампы

$$\Phi_{л} = \frac{400 \cdot 1,15 \cdot 23 \cdot 1,3}{12 \cdot 2 \cdot 0,6} = 808 \text{ лм.}$$

Выбираем стандартную лампу ЛДЦ 20-4, имеющую поток $\Phi_{л} = 820$ лм.

8.5 Шум

Уровень шума, согласно специальной, оценки не превышает нормированного значения 70 ДБ, возведение дополнительной шумоизоляции не требуется [19].

8.6 Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности

Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий химических лабораторий определяют для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода [19].

Категории помещений и зданий организаций по взрывопожарной и пожарной опасности определяются на стадии проектирования в соответствии с нормами пожарной безопасности, ведомственными нормами технологического проектирования или специальными перечнями, утвержденными в установленном порядке [19].

Исходными данными для определения пожароопасных свойств веществ и материалов являются результаты испытаний или расчеты, проверенные по стандартным методикам, с обязательным учетом параметров состояния (давления, температуры и др.).

Причины возникновения пожара:

- несоблюдение обслуживающим персоналом норм пожарной безопасности;
- нарушения технологического процесса (использование электрооборудования, агрегатов), которые приводят к возникновению пожара;
- использование неисправного оборудования (насосы, токорегулирующие агрегаты, испытательные стенды);
- использование открытого огня в помещениях;
- нарушение целостности линии заземления и молниезащиты;
- неправильное использование оборудования, которое приводит к возникновению пожара (сварочные аппараты, УШМ, газовые резак и пушки).

Загорания в помещениях лаборатории необходимо немедленно ликвидировать, при этом:

- легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, электропроводку и оборудование, находящееся под напряжением, следует гасить только порошковыми огнетушителями;

- обесточенные электропроводку и приборы можно гасить водой;
- загорание в вытяжном шкафу ликвидируется первичными средствами пожаротушения только после отключения вентилятора.

По технике безопасности в каждом кабинете предусмотрен огнетушитель марки ОП-4 (огнетушитель порошковый на 4 кг), на каждую лабораторию предусмотрен порошковый огнетушитель ОП-50.

Во всех помещениях лаборатории должны быть размещены планы (схемы) эвакуации сотрудников при возникновении пожара и иных чрезвычайных ситуаций, требующих немедленно покинуть помещение.

Недопустимо загромождать проходы и выходы помещений лаборатории, поскольку это может привести к повышенному риску для сотрудников при необходимости срочно покинуть помещение [19].

8.7 Обеспечение безопасности в аварийных и чрезвычайных ситуациях

Лаборатория находится на территории ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», в здании института нефти и газа. Площадь помещения 23 м². В помещении работает обслуживающий персонал в количестве одного человека (лаборанта-исследователя). Для предотвращения аварийных ситуаций ведется журнал по первичному инструктированию посетителей лаборатории на случай чрезвычайной ситуации (ЧС).

Возможные причины возникновения ЧС:

- возгорание электромотора из-за внутреннего замыкания обмоток электродвигателя насосного агрегата.
- обрыв линии трубопровода при работе насоса.
- поражение электрическим током.

Для предотвращения ЧС следует принимать следующие меры:

- регулярный осмотр стенда на наличие утечек рабочей жидкости и механических повреждений трубопровода и электрической цепи, при каждом запуске лабораторного стенда.

- запуск стенда только при непосредственном участии лаборанта.

- обеспечение первичными средствами пожаротушения.

Для оповещения сотрудников о чрезвычайной ситуации здание оборудовано звуковой системой оповещения.

В здании имеются помещения и склады с горючими материалами, которые оборудованы автоматическими средствами пожаротушения и дополнительными эвакуационными выходами [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения бакалаврской работы был предложен метод обнаружения несанкционированных врезок в магистральном трубопроводе, и обоснован данный выбор.

Разработан лабораторный стенд, подобрано оборудование, произведены необходимые расчеты по определению минимальной толщины стенки сосуда работающего под давлением, так же было рассчитано максимальное допустимое давление в системе. Рассмотрены вопросы безопасности и охраны труда. Определены экономические затраты на разработку лабораторного стенда.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ПАО – публичное акционерное общество.

ЛПУ – линейные производственные управления.

РУМНП – районные управления магистральных трубопроводов.

НП – нефтепродукт.

НВ – несанкционированная врезка.

ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

АЭ – акустическая эмиссия.

ЕЭМПЗ – естественное электромагнитное поле земли.

БПЛА – беспилотный летающий агрегат.

УЗ – ультразвук.

ОКО-2 – георадар предназначенный для обнаружения различных объектов.

ИГА–1 – поисковой прибор для проведения подземной разведки металлических и неметаллических трубопроводов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Публичное акционерное общество «Транснефть» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.transneft.ru>. (Дата обращения: 18.02.2017).
2. Гольянов, А. А. Анализ методов обнаружения утечек на нефтепроводах / А. А. Гольянов. – Транспорт и хранение нефтепродуктов, 2002. № 10. – С. 5 – 14.
3. Кутуков, С.Е. Проблема повышения чувствительности, надёжности и быстродействия систем обнаружения утечек в трубопроводах / С.Е. Кутуков. – Нефтегазовое дело, 2004. № 2. – С. 29 – 45.
4. Лурье, М.В. Макаров П.С. Гидравлическая локация утечек нефтепродуктов на участке трубопровода / М.В Лурье. – Транспорт и хранение нефтепродуктов, 1998. № 12. – С. 65-69.
5. Мамонова, Т.Е. Модифицированный метод гидравлической локации для определения утечек в нефтепроводах: Диссертация на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет, 2012. – 148 с. 8.
6. Зверев Ф.С. Совершенствование технологий обнаружения утечек нефти из трубопроводов: Диссертация на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2010. – 173 с.
7. Первухин, П.А. Методы и приборы обнаружения утечек нефтепродуктов [Электронный ресурс] / П.А. Первухин. – Интернетжурнал «Технологии техносферной безопасности», 2009. № 6. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb>. (дата обращения: 19.01.2017).
8. Эксплуатация магистральных нефтепроводов: Учебное пособие. 2 – ое изд. / Под общей редакцией Ю.Д. Земенкова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2001. 623 с.
9. Основы метода вихревых токов. [Электронный ресурс]. – Приборы неразрушающего контроля и систем диагностики. – Режим доступа:

<http://www.defectoscope.ru/?page=literature&lit=tok> (дата обращения: 19.01.2017).

10. Мишкин, Г.Б. Классификация систем обнаружения утечек на магистральных трубопроводах нефти, газа и нефтепродуктов / Г.Б. Мишкин. – Молодой учёный, 2010. – № 11(22). Том I. С. 56 – 58.

11. Георадар «ОКО-2» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.geotech.ru/market/katalog_oborudovaniya/georadar_oko. (Дата обращения: 18.02.2017).

12. Арзуманов, Э. С. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях / Арзуманов Э. С.. – М.: Энергия, 1978. – 304 с.

13. Технология ремонта трубопроводов с применением чопов, патрубков и тройников: РД 91.200.00-КТН-119-07: утв. приказом ОАО «АК Транснефть» от «11» мая 2007 г.: с «18» мая 2007 г.

14. Стоимость электроэнергии в г. Красноярск [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.energoconsultant.ru/sprav/energo-snabzheni/tarifi_na_elektroenergiyu_v_2017/tarifi_na_elektroenergiyu_v_Krasnoyarskom_kr_2017 / (Дата обращения: 18.02.2017).

15. Ультразвуковой метод контроля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://impuls-ndt.ru/article_info.php?articles_id=87 (Дата обращения: 18.02.2017).

16. Пат. 2176082 Российская Федерация, МПК G 01 N 27/83. Внутритрубно́й магнитный дефектоскоп [Текст] / Гаврюшин А.Ф., Цацуев М.С., Ферчев Г.П. ; заявители и патентообладатель ЗАО «Нефтегазкомплектсервис». № 2000132532/28 заявл. 26. 12.00 ; опубл. 20.11.01.

17. Пат. 2119680 Российская Федерация, МПК G 01 V 3/11. Способ геоэлектромагнитной разведки и устройство для его реализации [Текст] / Кравченко Юрий Павлович ; заявитель и патентообладатель Кравченко Юрий Павлович – № 94014548/25; заявл. 19.04.94 ; опубл. 27.09.98.

18. Пат. 2311319 Российская Федерация, МПК В 64 С 39/02. Беспилотный летательный аппарат для видеонаблюдения и способ его управления и передачи данных [Текст] / Юнайтид Текнолоджиз Копэрейшн; заявитель и патентообладатель Юнайтид Текнолоджиз Копэрейшн – № 96123282/28; заявл. 27.04.95 ; опубл. 20.07.99.

19. Гольянов, А.А. Обеспечение безопасности и экологической защиты магистральных нефтепроводов / А.А. Гольянов. – нис, цниитэнефтехим. Сер. «Транспорт и хранение нефтепродуктов». Уфа.: Изд – во УГНТУ, 2002. – Вып. 10-11. – С. 15 – 18.

20. Магазин сантехники Вираз г. Красноярск [Электронный ресурс] : Каталог товаров. Режим доступа : <http://www.virage24.ru/shop/> (дата обращения: 19.01.2017).

21. Сосуды и аппараты нормы и методы расчета на прочность [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.him-apparat.ru/upload/gost/14249-89.pdf> (Дата обращения: 18.02.2017).